12

REALE ACCADEMIA DEI LINCEI
Anno CCLXXV (1877-78)

RICERCHE ISTOLOGICHE

SULL'EPITELIO RETINICO DEI VERTEBRATI.

MEMORIA

DEL DOTT. ARNALDO ANGELUCCI



Lavoro eseguito nel Laboratorio d'Anatomia e Fisiologia comparata
della R. Università di Roma. XII

ROMA
COI TIPI DEL SALVIUCCI
1878

Serie 3.ª — *Memorie della Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.*
Vol. II.° — *Seduta del Cons. d'Amm. del 27 giugno 1878.*

Dopo la pubblicazione del lavoro di Morano (¹) fatta nel 1871 (oltre un altro lavoro dello stesso Morano che s'occupa d'una limitata questione) (²) sono venute alla nostra conoscenza due sole Memorie nelle quali viene trattata specialmente l'istologia del pigmento retinico. La prima di esse la dobbiamo allo Schwalbe, il quale nel suo lavoro sull'*Anatomia microscopica della retina* (³), descrivendone lo strato pigmentato, ha aggiunto parecchi nuovi risultati proprî; dopo di questo, sull'*Anatomia microscopica dell'epitelio pigmentato*, non fu altro pubblicato che una *comunicazione preventiva* (⁴) del Kuhnt (⁵).

In questo frattempo le nuove scoperte fisiologiche hanno fatto acquistare all'epitelio retinico una importanza sconosciuta fino ad oggi alla maggior parte dei micrografi. Colla scoperta della migrazione dei granuli di pigmento fu stabilito un rapporto funzionale di queste cellule colla luce percepita dalla retina, e fu reso molto probabile che questo epitelio fornisca alle impressioni luminose un mezzo d'interposizione fisiologica; inoltre molte altre ragioni militano contemporaneamente a sostegno d'una seconda ipotesi, cioè che una parte integrale di queste cellule, le così dette gocciole oleose, specialmente per la luteina che contengono, rappresentino il materiale per il quale durante la vita s'effettui la continua rigenerazione del rosso retinico consumato dalla luce.

Presentemente mentre le cognizioni sulle funzioni fisiologiche dell'epitelio retinico sono in un reale progresso, le conoscenze anatomiche lasciano molto a desiderare, poichè tanto la monografia di Morano (che si occupa solo dell'epitelio retinico

(1) *Die Pigmentschicht der Retina* (Aus dem physiologischen Laboratorium in Berlin). Archiv. f. mikr. Anatomie VIII, 81.

(2) *Stomata in der Pigmentschicht der Retina*, Centralblatt für die medicin. Wissensch, 1875, p. 67.

(3) *Gräfe und Saemisch.*, Handbuch der gesammten Augenheilkunde I, 424.

(4) *Zur Kenntniss des Pigmentepithels*. Centralblatt für die medicin. Wissensch, 1877, p. 337.

(5) Le due importanti monografie che apparvero recentemente sull' anatomia della retina: W. Müller, *Ueber die Stammesentwickelung des Sehorgans der Wirbelthiere*. Leipzig, 1875; ed Hannover, *La rétine de l'homme et des vertébrés*. Kopenhagen, 1876, precisamente sul solo epitelio retinico non contengono nuove ricerche.

delle rane e, sullo strato pigmentato d'altri vertebrati, soltanto incidentalmente qualche dettaglio aggiunge), quanto il lavoro di Schwalbe, e molto meno ancora la comunicazione preventiva di Kuhnt, non possono pretendere di aver dato una esposizione completa sull'anatomia microscopica di questo epitelio. Avendoci molte ragioni impedito di condurre a termine il presente lavoro (principalmente la chiusura del nostro laboratorio per i lavori di rifabricazione del medesimo) anche le nostre ricerche corrispondono solo in parte a questo desiderato, non avendo esse raggiunto quella completezza che eravamo propostaci, sia perchè il numero degli animali da noi esaminati fu minore di quello prefissato nel nostro programma, sia perchè fummo costretti d'abbandonare alcuni punti delle nostre osservazioni in uno stadio, nel quale un maggior lavoro ci avrebbe certamente ancora condotto a più precisi ed estesi risultati.

Nelle ricerche istologiche sul pigmento retinico devesi innanzi tutto impiegare grande cautela ed una cura speciale nella scelta del materiale, e non utilizzare che occhi freschi d'animali recentemente uccisi, dei quali si abbia un'esatta conoscenza delle condizioni in cui vissero negli ultimi momenti della loro vita, cioè se vennero esposti all'azione della luce, o si tennero all'oscurità. Altro materiale deve riguardarsi per inutile ed inservibile. Nelle nostre ricerche (per le preparazioni a fresco) ci siamo serviti o. dell'umor acqueo o della soluzione fisiologica di cloruro sodico; per le altre preparazioni fu da noi adoperata la macerazione nell'acido osmico allungato da 1: 500 a 1: 1000, come anche i due metodi usati e raccomandati dal Morano, l'indurimento nell'acido osmico 1 $^0/_0$ e la macerazione in una soluzione d'acido cromico $^1/_{32}\,^0/_0$.

Già i primi istologi che s'occuparono dell'epitelio retinico, o, come allora si chiamava, della membrana pigmentata della coroidea, rimasero colpiti dalla caratteristica regolarità che a preferenza degli altri epiteli cilindrici presentava questo strato d'epitelio pigmentato. In esso, visto di superficie, le sue cellule compariscono quasi tutte della medesima grandezza sotto forma di esagoni regolari, in modo che il mosaico che rappresentano per regolarità e somiglianza ricorda l'elegante disegno delle celle degli alveari. Talvolta in alcuni preparati, immagini di una perfetta regolarità si vedono occupare tutto il campo del microscopio. Tuttavia non è rara eccezione osservare tanto nella disposizione delle cellule di questo strato a mosaico, quanto nella regolarità e nella grandezza di esse un evidente allontanamento dal tipo che generalmente rappresentano. In alcuni luoghi le cellule perdono la loro forma regolare, ed agli esagoni, che d'ordinario rappresentano, si sostituiscono dei poligoni più o meno ricchi di lati ([1]). Tutto compreso, però, la struttura dello strato pigmentato in tutte le classi dei vertebrati presenta preponderatamente il carattere d'una regolarità non propria delle altre strutture epiteliali.

Di speciale interesse fisiologico sono le diverse forme delle cellule dello strato pigmentato nelle varie regioni del bulbo. Nella parte posteriore di esso (cioè in quella parte della retina che a preferenza serve alla diretta percezione delle impressioni

([1]) A questo fatto non rarissimo, ma sempre eccezionale, Kuhnt nella sua comunicazione attribuisce una esagerata importanza, tanto che egli senza difficoltà conclude che in un occhio, il quale fisiologicamente vive, abbia luogo sempre un continuo rinnovarsi delle cellule dell'epitelio retinico.

visive, le cellule pigmentate sono molto sottili ed alte, ed il mosaico che rappresentano è composto di piccoli e regolari esagoni. All'equatore del bulbo esse sono molto più grandi, ma all'opposto più basse, e vedute di superficie non hanno la forma di esagoni equilateri, ma invece di esagoni allungati per una maggiore estensione di due delle loro faccie parallele; tale forma però riscontrandosi in tutti gli esagoni di questa regione non viene a turbare la regolare disposizione del mosaico. Presso l'ora serrata le cellule epiteliali ritornano piccole, ma poco sviluppate in altezza, i confini della loro superficie non rappresentano una esatta figura esagonale, ed il mosaico da esse costituito va a perdere più o meno completamente il suo aspetto regolare.

Gli stomi, descritti recentemente dal Morano nello strato pigmentato della retina, non v'esistono, ed egli ha probabilmente scambiato un difetto di preparazione per un fatto fisiologico, avendo forse osservato in preparati irregolarmente induriti degli spazî lasciati da cellule cadute al di fuori di esso. Nelle preparazioni a fresco ed in quelle esattamente indurite, noi non abbiamo potuto osservare una sola volta un simile fatto. D'altronde la loro esistenza sarebbe egualmente difficile a comprendersi, sia dal punto di vista morfologico che fisiologico, tanto perchè fino ad oggi non vennero osservati stomi nei veri strati epiteliali, quanto perchè in seguito allo stretto rapporto delle cellule epiteliali coi bastoncelli e coi coni, i stomi verosimilmente produrrebbero dei disturbi anche nella continuità degli altri elementi dello strato a mosaico.

In ogni singola cellula cilindrica dello strato pigmentato, che presentasi sotto forma di una colonna esagonale più o meno regolare, noi distinguiamo un segmento superiore (rivolto alla coroidea), ed un segmento inferiore (diretto verso la retina). Tale divisione che noi facciamo delle parti di queste cellule oltre ad uno scopo di descrizione viene giustificata dalla facilità con la quale dividonsi in alcune classi dei vertebrati le due suddette metà di esse, sia nella macerazione quanto nell' indurimento dell' epitelio retinico. Nel segmento superiore della cellula che noi vogliamo chiamare cupola protoplasmatica, è contenuto il nucleo, il quale tanto pel suo volume e lucentezza, quanto perchè costantemente contiene un solo nucleolo, assomiglia molto al nucleo delle cellule nervose; in questo segmento non si trovano mai granuli di pigmento, ma vi si riscontrano altre interessanti figure morfologiche cioè le gocciole oleose ed altri corpi dei quali appresso particolarmente ci occuperemo. All' opposto il segmento inferiore della cellula che vogliamo chiamare base pigmentata (quando non si tratta di un individuo albino o di un animale fornito di tappeto) è la sede esclusiva dei granuli di pigmento castagno scuri sì caratteristici dell'epitelio retinico, i quali lo riempiono in tal modo che può dirsi essere intieramente costituito da ammassi di essi. Dalla base pigmentata partono i sottili prolungamenti che penetrando fra i bastoncelli ed i coni estendonsi fino alla membrana limitante esterna.

Tutti questi fatti adesso accennati possono studiarsi colla maggiore chiarezza e precisione nelle rane, dove furono già estesamente e con esattezza descritti nella monografia di Morano, che noi riproduciamo nei suoi punti principali non senza completarla con nuovi fatti importanti ed anche correggendola in alcuni subordinati dettagli.

Il fatto anatomico più rilevante che noi abbiamo osservato, riguarda la struttura della cupola protoplasmatica, ed il singolare modo col quale esse si comportano

nel formare la superficie del mosaico esagonale dell'epitelio retinico. Noi abbiamo trovato costantemente in tutti i vertebrati una particolare formazione morfologica la di cui esistenza sfuggì ancora completamente a Morano, mentre nel lavoro di Schwalbe si trovano già le prime osservazioni ad essa relative.

Schwalbe dice che (nei mammiferi) anche quando le cellule dell'epitelio retinico si presentano fortemente ripiene di pigmento, vedesi costantemente esistere fra loro un'esile striscia incolora. « Questa corrisponde perfettamente ad una sostanza che a guisa di cemento è disposta tra l'epitelio. Indurito nel liquido di Müller lo strato pigmentato della retina, si riesce ad ottenere dei brani nei quali la sostanza indurita di questo cemento raffigura delle reti a maglie esagonali (fig. 46), alcune delle quali presentansi vuote in seguito alla caduta delle cellule in esse contenute. Probabilmente questi setti durante la vita sono di natura liquida o semiliquida. Nei preparati ottenuti col siero-jodato non ho mai potuto rimarcare la loro presenza ».

Noi abbiamo trovato questi setti o striscie incolore, descritte dallo Schwalbe, in tutti i vertebrati che abbiamo fatto soggetto delle nostre ricerche, e riconosciuto che esse entrano nella formazione di uno speciale sistema di formazioni cuticulari che ricopre la superficie libera, e gli orli periferici d'ogni singola cupola protoplasmatica delle cellule epiteliali. Le proprietà anatomiche di questo sistema presentansi molto chiaramente nelle rane, nelle quali per la prima volta ne abbiamo riconosciuta la vera disposizione. In seguito venne da noi riscontrata, quantunque con minor chiarezza, la quasi completamente identica struttura anche nei rettili, negli uccelli, nei mammiferi e nei pesci.

Esaminato lo strato pigmentato delle rane dopo una accurata macerazione nella nota soluzione d'acido cromico allungato, i più belli e distinti preparati, che presentano l'epitelio retinico in superficie, veduti sotto forti ingrandimenti, mostrano le eleganti immagini che abbiamo cercato di riprodurre nella fig. 1. Nell'interno di ogni cellula si possono riconoscere le brillanti gocciole oleose di color giallo d'oro, circondate da ammassi di granuli di pigmento castagno scuro, i quali granuli, alla periferia della cellula, spesso si dispongono in modo d'aculei. Manifestamente queste sono le immagini che Morano ha creduto d'interpretare nel modo seguente. « Non raramente in quest'epitelio, osservato di superficie, le singole cellule, a guisa di genuine cellule spinose, si compenetrano coi loro prolungamenti aculeiformi ». Tale reciproco compenetrarsi delle cellule non esiste, ed esse invece sono costantemente separate le une dalle altre per mezzo di setti lucenti, che presentansi quali spazî pericellulari di eguale spessezza. Come manifestamente si vede negli orli del preparato, ai spazî pericellulari corrisponde un esile sistema di piccole travi, le quali esattamente circondando la cellula, rappresentano una elegantissima cornice esagonale all'intorno di essa. La forma e l'esatta disposizione di queste cornici osservasi a preferenza nei preparati trattati con una soluzione di 1. 500 d'acido osmico, dai quali abbiamo ricavato quelli disegnati nella fig. 2-4. Dallo studio di queste immagini fummo condotti a conoscere il fatto singolare e degno di nota, che la superficie libera di ciascuna cellula, e la metà superiore della cupola protoplasmatica, presentansi completamente racchiuse in una calotta a forma di cappello, ovvero esprimendoci più volgarmente ma

più esattamente, esse sono contenute in un vero berretto. Queste speciali coperture delle cellule saldansi scambievolmente coi loro (sei) orli periferici, sicchè l'intera superficie libera dell'epitelio retinico, risulta coperta da una non interrotta membrana che consiste dalle singole calotte esagonali fuse insieme. Al disopra della superficie d'ogni singola cellula, la suddetta membrana è oltremodo delicata e sottile, di modo che veduta di profilo apparisce quale un esile contorno perfettamente esteso in linea retta ([1]). All'intorno dei margini periferici della superficie di ciascuna cellula, la membrana apparisce leggermente ispessita, e nelle cellule vedute di profilo in questo stesso luogo, cioè agli angoli superiori della cupola protoplasmatica vedesi la maggior parte delle volte un piccolo rigonfiamento triangolare, che a nostro parere può solo venire interpretato quale un effetto ottico dovuto ad un esistente ispessimento; di quando in quando lateralmente a questo rigonfiamento veggonsi partire piccoli prolungamenti che si diriggono orizzontalmente verso l'esterno. Più frequentemente ancora veggonsi dei prolungamenti somigliantissimi ai suddescritti, sorgere dagli orli inferiori liberi delle calotte che ricoprono le cellule. Ivi, nelle cellule isolate e vedute di profilo, trovasi egualmente un rigonfiamento triangolare, dal quale partono verso l'esterno rigidi prolungamenti, spesso molto lunghi che alle volte terminano dopo essersi biforcati una o due volte. La direzione orizzontale di tali prolungamenti esattamente corrisponde all'esile, ma ben netto e marcato contorno, il quale da un rigonfiamento triangolare all'altro si estende all'intorno del corpo della cellula. Esso fu già osservato da Morano, e rappresentato in una delle sue figure; però egli non lo ha saputo interpretare. Ora l'interpretazione di questo contorno è perfettamente manifesta, corrispondendo esso agli ispessiti orli coi quali terminano in basso le calotte cuticulari, ed è perciò morfologicamente identico ai rigonfiamenti triangolari che esso riunisce ed ai prolungamenti liberi che da essi emanano. Tutte queste figure che corrispondono ai setti descritti da Schwalbe non rappresentano altro che i luoghi di riunione dove saldansi insieme gli orli periferici delle calotte cuticulari che ricoprono ogni singola cellula: isolati, questi luoghi di riunione delle cellule epiteliali compariscono, e possono solo venire interpretati come li ha descritti Schwalbe, sotto forma di piccole travi componenti delle cornici esagonali.

Ora a primo aspetto apparisce che tali caratteristiche figure sì morfologicamente complicate non possono costituire, come ha creduto Schwalbe, una sostanza uniente interposta fra l'epitelio, ma che rappresentano un sistema di genuina formazione cuticulare, al quale Boll (nelle sue lezioni sull'*Anatomia della retina* tenute nel passato inverno) diede il nome di *lamina reticolare della retina* per l'incontrastabile omologia che la sua struttura presenta colla lamina reticolare della coclea. L'alto significato di questa omologia sarà di leggeri compreso, sorgendo da ciò, come

([1]) L'assenza o la presenza di questa linea quasi costantemente retta, che rappresenta il caratteristico contorno dei margini superiori delle cellule, offre un punto sicuro per distinguere se esse presentano il loro stato normale, o se per difetto di preparazione hanno perduto la loro membrana. Dalle figure disegnate nel lavoro di Morano, sembra che egli non abbia mai osservato cellule normali; anche tra i numerosi disegni dell' Hannover esistono due sole cellule (tav. II, fig. 8, *e*), le quali possiedono ancora la loro naturale membrana.

conseguenza necessaria, l'omologia dell'epitelio retinico con le cellule terminali dell'organo del Corti rinchiuse nelle cornici della lamina reticolare della coclea.

Il segmento superiore incoloro, o la cupola protoplasmatica della cellula dell'epitelio retinico, come noi l'abbiamo chiamata, è sempre ricoperta da una calotta cuticulare, e consta d'una delicata sostanza fondamentale finamente granulosa. In questo segmento trovasi costantemente il nucleo, e nella maggior parte dei casi vicino ad esso trovansi due sorta di specifiche deposizioni, le gocciole oleose, scoperte per il primo da Hannover (1844), ed altri corpi non ancora menzionati da altri osservatori, chiamati da Boll granuli aleuronoidi.

Il nucleo essendo composto da una sostanza omogenea, e, come ha dimostrato Morano, possedendo un solo relativamente grande nucleolo, assomiglia molto al nucleo d'una cellula nervosa.

Nell'interno delle singole cellule varia di molto il numero e la grandezza delle gocciole oleose. Generalmente le cellule ne contengono da due a tre; ne possono contenere però anche un numero maggiore, ed infatti nell'interno d'una sola cellula noi ne abbiamo potuto numerare persino dieci; l'assenza delle gocciole oleose è una eccezione. Come il numero, ne varia anche la grandezza: le più frequenti sono le mezzane le quali uguagliano per la metà la grandezza dei nuclei; le più grandi gocciole che appena sorpassano la grandezza del nucleo sono molte rare come quelle che offrono un piccolissimo volume. La sostanza colorante che le tinge brillantemente in giallo d'oro, per i studî di Capranica [1] riconosciuta identica alla luteina, mostrasi egualmente carica in tutte le gocciole oleose solo in quelle rane, le quali prima della loro morte furono poste per un determinato tempo all'oscurità. Invece per mezzo delle ricerche del Boll [2] si è potuto conoscere che nelle rane nelle quali poco prima dell'esame microscopico era avvenuta la completa perdita e la fresca rigenerazione fisiologica dell'eritropsina, accanto alle gocciole d'un colore giallo carico si trovano anche delle gocciole d'un giallo sbiadito. Per illustrare questa caratteristica differenza riscontrata pure nelle nostre ripetute ricerche, servono ambedue i disegni che noi abbiamo delineato nelle fig. 5 e 6. Di queste figure, la prima rappresenta le gocciole oleose d'una cellula pigmentata in una rana stata all'oscurità, mentre l'altra rappresenta il contenuto delle stesse cellule in una retina di rana, nella quale era avvenuta di fresco la rigenerazione del rosso retinico. A sostegno di questa supposizione di Boll parla, del resto, anche assai l'apparenza morfologica: almeno ogni micrografo che sia pratico della struttura delle tessiture animali e vegetali, a prima vista di quest'epitelio spesso completamente ripieno di gocciole oleose non le interpreterà mai in altro modo che per materiale preparato e destinato per il risarcimento delle perdite fisiologiche.

[1] *Studî chimico-fisiologici sulle materie coloranti della retina.* Prima comunicazione (Lavoro eseguito nel Laboratorio d'Anatomia e Fisiologia comparata della R. Università di Roma. XI). Atti della R. Accademia dei Lincei, vol. I serie 3ª anno 1876-77 p. 639.

[2] *Sull'anatomia e fisiologia della retina* (Lavoro eseguito nel Laboratorio d'Anatomia e Fisiologia comparata della R. Università di Roma. VIII). Atti della R. Accademia dei Lincei, vol. I serie 3ª anno 1876-77 p. 371.

Questa stessa apparenza morfologica, sola e per adesso non ancora appoggiata da più certe ragioni e prove, ci conduce ad attribuire lo stesso carattere d'un materiale destinato al risarcimento delle perdite fisiologiche, come alle gocciole oleose anche ai granuli aleuronoidi. Benchè essi trovinsi colla medesima regolarità che le gocciole oleose nelle cellule dell' epitelio retinico delle rane, e con esse dividano i caratteri della diversità di numero e di grandezza, tutti i micrografi che s' occuparono dell' istologia del pigmento retinico, sembra che non v'abbiano posto speciale attenzione. Solo il Boll [1] gli ha veduti, ma gli ha identificati nelle sue prime e brevi ricerche alle gocciole oleose poichè secondo lui essi rappresentano « gocciole oleose perfettamente incolori a causa della completa perdita della loro sostanza colorante ». Più tardi, una esatta ricerca sopra questi granuli gli ha fatto conoscere che in niun caso qui trattasi di una varietà scolorata, nè di fasi incolori di gocciole oleose, ma bensì che essi rappresentano delle figure *sui generis* che distinguonsi per molti caratteri dalle gocciole oleose. Uno dei segni più netti ed attendibili è precisamente fondato sulla colorazione: i granuli aleuronoidi sono sempre incolori; mentre, contro la citata supposizione di Boll, nell'epitelio delle rane non si riscontrano mai gocciole oleose perfettamente incolori. Un altro segno è basato sulla debole lucentezza dei granuli aleuronoidi, i quali, possedendo proprietà minori di refrazione, compariscono più compatti e solidi e meno splendenti delle gocciole oleose. Finalmente distinguonsi per la forma la quale, benchè quasi sempre rotondeggiante nei granuli più grandi non è mai così regolarmente sferica come quella delle gocciole oleose; fra gli esemplari più piccoli si riscontrano figure perfino angolari e diversamente irregolari. In somma il loro aspetto mostrasi perfettamente identico a quei granuli che i botanici chiamano granuli d'aleurone, i quali trovansi nei semi ricchi di grasso. Questa somiglianza nell'aspetto microscopico viene anche rinforzata dall'analogia d'una reazione chimica, essendosi i nostri granuli sciolti completamente in una soluzione allungata di potassa caustica, reazione data dai botanici per caratteristica dei granuli d'aleurone, e noi avremmo identificato i granuli delle cellule dell'epitelio retinico con i granuli d'aleurone senz'altro, senonchè, procedendo ad altre indagini chimiche, un'altra reazione ci avesse recato del dubbio. Nell'etere assoluto che lascia completamente intatti i granuli d'aleurone i nostri granuli non si disciolgono, ma vengono grandemente alterati. La supposizione che essi nell'etere perdano una sostanza grassa viene confermata da una seconda reazione: nell'acido osmico i granuli aleuronoidi prendono una tinta assai oscura ed almeno quasi altrettanto nera, come quella dei membri esterni dei bastoncelli, i quali come è noto assorbono l'acido osmico con straordinaria avidità. Poggiati su queste reazioni, che speriamo vengano ripetute da competenti chimici, noi crediamo di poter riconoscere nei granuli aleuronoidi dell'epitelio retinico la non dubbia presenza di sostanze albuminose, e allato di essa di una sostanza grassa, la quale non fu fino ad ora trovata nei granuli di aleurone delle cellule vegetali.

Nelle cellule dell'epitelio pigmentato delle rane il numero dei granuli aleuronoidi corrisponde presso a poco a quello delle gocciole oleose, colle quali hanno anche in comune le dimensioni incostanti. I granuli più grandi del nucleo si riscontrano

(1) Loco citato pag. 389.

raramente; al disotto di questa dimensione essi presentansi con varia grandezza fino a trovarsene dei piccolissimi, i quali sono solamente riconoscibili sotto forti ingrandimenti. Questi granuli nell'interno delle cellule epiteliali occupano a preferenza il segmento superiore di esse e specialmente quella parte della cupola protoplasmatica, che viene ricoperta dalla calotta cuticolare della lamina reticolare della retina, dove il più delle volte presentansi disposti regolarmente (fig. 3). Molte cellule se ne mostrano completamente piene. Su tale apparenza in sì alto grado caratteristica noi fondiamo la nostra supposizione che anche nei granuli aleuronoidi, come nelle gocciole oleose si tratti di materiale immagazzinato e destinato per la ripristinazione delle sostanze consumate dalla luce nella retina. Altre osservazioni, onde sostenere con prove tale supposizione a noi finora mancano, non avendo potuto constatare cambiamenti di forma o di quantità prodotti nei granuli aleuronoidi dall'azione della luce. Parimenti comparisce per ora inopportuno il discutere sulle più lontane eventualità come per es. se i nostri granuli rappresentino il materiale destinato alla rigenerazione dei coni, o se nella loro sostanza sia fissata la nutrizione e la riparazione fisiologica dello stroma lamellare dei membri esterni dei bastoncelli, con i quali in seguito alla suaccennata reazione i nostri granuli non sembrano mancare di analogie chimiche.

E ciò per quanto riguarda il segmento superiore, chiamato da noi cupola protoplasmatica e pei corpi caratteristici in essa contenuti. Il segmento inferiore della cellula, da noi chiamato base pigmentata, contiene di tali corpi esclusivamente i noti granuli di pigmento, dei quali sono da rilevarsi i due fatti seguenti egualmente valevoli per l'intiero tipo dei vertebrati. Essi non sono mai perfettamente neri, ma di un bruno oscuro, il quale invero in alcuni casi di molto s'avvicina al nero, mentre in altri però non di poco s'allontana da esso di tal che appare addirittura bruno chiaro. Secondo questi granuli nerastri mai o quasi mai sono sferici, come i granuli contenuti nelle cellule pigmentate ramificate del tessuto connettivo, ma bensì irregolari, angolosi, spesso prismatici ed anche in diverse forme cristallini [1]. Nella base pigmentata si deve distinguere un corpo immediatamente a contatto colla cupola protoplasmatica, ed i prolungamenti che da esso emanano dirigendosi verso la membrana limitante esterna. Il corpo pigmentato non presenta alcuna singolarità di struttura; sembra essere quasi esclusivamente composto di granuli di pigmento, fra i quali di quando in quando si scorgono isolate gocciole oleose, o distaccati granuli aleuronoidi. Degno di nota è il fatto che tanto nelle rane, quanto in tutti i vertebrati che preponderantemente possiedono granuli di pigmento a forma di prismi allungati, questi, sia nel corpo della base pigmentata, sia nei prolungamenti di esso, giacciono sempre in direzione perfettamente rettilinea e parallela all'asse della cellula epiteliale.

Sulla proprietà e sulla forma dei prolungamenti che partono dal corpo pigmentato della cellula, esistono nella letteratura due differenti vedute. Nel mentre che un

[1] Tali forme che noi abbiamo accennato trovansi esattamente disegnate (sotto un ingrandimento Hartnack XV immersione) nel trattato del Frisch, *Gestalten des Chorioidalpigments* (Wiener Akad. Sitzber. mathem-naturwiss. Classe. Zweite Abtheilung Bd. 58. 1869). Solo la mancanza di un obiettivo egualmente forte ci ha impediti di eseguire disegni analoghi, i quali in ogni modo non avrebbero potuto concorrere con quelli del Frisch.

preponderante numero d'istologi crede che questi prolungamenti scorrano perfettamente isolati l'uno dall'altro descrivendoli come una selva di ciglie isolate, il loro scopritore Hannover (¹) anche nella sua recente monografia, rimane fermo nella sua prima opinione, che questi prolungamenti non rappresentino delle fibre isolate, ma bensì formazioni membranose. Fra queste due differenti vedute l'opinione di Morano prende una posizione conciliativa: egli crede che esistano due differenti modi di comportarsi di questi prolungamenti, poichè in alcuni casi essi appariscono come un pennacchio di fibre scorrenti perfettamente isolate, mentre in altri, essi espandonsi corrispondendo all'opinione di Hannover a forma di membrana. Noi siamo su tale proposito riusciti a persuaderci dietro accurate ricerche che, sia l'Hannover, quanto in parte il Morano, sono stati condotti in errore da preparati in cui non era riuscita una completa macerazione; in seguito a tal fatto alcuni resti irriconoscibili dei membri esterni dei bastoncelli rimangono attaccati fra i prolungamenti della cellula, confondendoli in tal modo che invece d'isolati prolungamenti pare che vi sia una continua membrana. Quando all'opposto la macerazione è bene riuscita, non occorre mai di vedere la suaccennata apparenza, ma in ogni preparato scorgesi chiaramente terminare l'estremità della base pigmentata, in un pennacchio di fibre perfettamente isolate. Queste fibre che da alcuni autori furono chiamate ciglie della cellula, sono tutte della stessa lunghezza ed esilità, ed originano quasi tutte sulla stessa linea dal corpo della base pigmentata da dove scorrono parallele e qualche volta leggermente divergenti in direzione della membrana limitante esterna. Il modo della loro origine e del loro decorso dà a queste fibre una grande somiglianza con i peli d'un pennello. Il numero dei prolungamenti che sorgono dalle cellule trovasi generalmente in ragione diretta della grandezza di esse; le più grandi cellule posseggono da 30 a 40 prolungamenti e forse anche più, mentre le piccole ne presentano da 10 a 20: meno di 10 prolungamenti non furono da noi osservati in alcuna cellula.

Come è noto, questi prolungamenti sono situati negli spazî che esistono fra i membri esterni dello strato dei bastoncelli, e nei sottili solchi scavati nella superficie di questi; ivi essi rappresentano quelle cordicelle pigmentate, le quali hanno avuto tanta parte nell'anatomia microscopica dei bastoncelli e che da parte degli autori hanno dato luogo a sì svariate asserzioni ed interpretazioni. Probabilmente la maggior parte di queste molteplici differenze non meritano in ultima analisi alcun valore morfologico, ma dipendono probabilmente tutte dalla variabilità fisiologica dei cordoni di pigmento scoperta dal Boll. In rapporto a questo fatto noi abbiamo a designare le seguenti osservazioni.

Nelle retine delle rane che prima della loro morte erano state assoggettate ad un' intensa luce solare, nei preparati all'acido osmico, lo strato dei bastoncelli e dei coni presentasi completamente ripieno di granuli di pigmento fino al margine superiore della membrana limitante esterna. Questo fatto si osserva tanto nei preparati in cui le cellule del pigmento retinico sono rimaste unite allo strato dei bastoncelli e dei coni (fig. 8), quanto anche là dove le cellule sonosi da esso staccate (fig. 10). La pigmentazione però non è eguale nelle varie altezze dello strato dei bastoncelli e dei

(¹) *Recherches microscopiques sur le système nerveux* 1844, p. 27. — *La rétine de l'homme et des vertébrés* 1876, p. 174.

coni, poichè la parte superiore dei membri esterni dei bastoncelli rivolta alla coroidea è più fortemente pigmentata che non la parte inferiore al di sotto del terzo superiore di essi; da questo confine verso il basso la pigmentazione sensibilmente si fa più chiara ed il numero dei granuli di pigmento diviene sempre minore. Questa loro diminuzione si accentua ancora più verso il limite dei membri esterni dei bastoncelli; e nel segmento più interno dello strato, ove non si trovano che i membri interni dei bastoncelli e dei coni, i granuli di pigmento sono relativamente più scarsi. Però cuoprono anche qui ancora i membri interni dei bastoncelli ed anche quelli dei coni in serie longitudinali chiare ed evidenti sino al limite esterno della membrana limitante esterna: al disotto di questo confine noi non abbiamo mai riscontrato anche un solo granulo di pigmento. Corrispondendo alle immagini di queste sezioni, i prolungamenti delle cellule epiteliali, isolate dallo strato dei bastoncelli, in quelle retine state assoggettate alle stesse condizioni non appariscono mai in alcun punto scevri di granuli di pigmento, ma bensì mostrano perfino alla loro estremità libera contenere nella loro sostanza racchiusi in regolari e corte distanze dei granuli di pigmento di forma allungata (fig. 4).

Eguali ai suaccennati trovati furono le immagini in quelle retine le quali *intra vitam* furono lungamente assoggettate a subire l'azione d'una intensa luce azzurra; anzi a noi è sembrato in queste retine avverarsi un'assai maggiore pigmentazione dello strato dei bastoncelli che in quelle esposte anche ad una intensissima luce solare bianca. Tuttavia stante la difficoltà della cosa presentemente ci è impossibile di poter giudicare su d'una maggiore o minore pigmentazione suscitata dall'azione di queste due luci sulla retina.

Direttamente opposti a questi risultati prodotti dalla luce bianca e dalla luce azzurra furono quelli che presentavano le retine lasciate per lungo tempo all'oscurità. Lo strato dei bastoncelli veduto di profilo sia dove mostravasi ricoperto dalle cellule epiteliali, sia dove esse mancavano mostrava pigmentato solo il suo segmento superiore (fig. 7, 9); in questi preparati l'estensione della pigmentazione era marcata da una linea, che segnava il margine inferiore del terzo superiore dei bastoncelli. Nei preparati ottenuti colla macerazione si vedevano i prolungamenti delle cellule epiteliali isolate essere solamente pigmentati nel terzo superiore del loro decorso, mentre nei due terzi inferiori era un'eccezione vedere qualche granulo isolato di pigmento (fig. 2, 3).

Nelle retine, le quali furono sottoposte all'azione d'una intensa luce rossa, la distribuzione dei granuli di pigmento si comportava perfettamente nella stessa maniera come nelle retine state all'oscurità; le più minute ed esatte ricerche non hanno mai portato a conoscere una differenza quantitativa nella pigmentazione, la quale avrebbe corrisposto alla diversità delle due differenti azioni fisiologiche, che da noi furono esperimentate. Anche nelle rane conservate nella luce rossa, la pigmentazione dei prolungamenti epiteliali si estende precisamente fino al limite osservato nelle rane state all'oscurità, cioè sino alla linea, che marca il termine del terzo superiore dei membri esterni dei bastoncelli.

Il tempo nel quale avvengono i cambiamenti fisiologici di sopra descritti corrisponde esattamente a quello che Boll (¹) ha determinato per la scomparsa e la

(¹) Boll, luogo citato pag. 374.

ripristinazione fisiologica del rosso retinico. Onde osservare la pigmentazione della retina fino alla membrana limitante esterna, abbisogna l'azione d'una intensa luce per circa 10-15 minuti, cioè lo stesso tempo nel quale avviene la scomparsa del rosso retinico in una retina esposta alla luce. All'opposto, per rendere liberi dai granuli di pigmento i due terzi inferiori dei bastoncelli è necessario il soggiorno delle retine nell'oscurità per 1 $^1/_2$ o 2 ore, cioè lo stesso tempo richiesto dalla ripristinazione fisiologica del rosso retinico. Adunque i due mutamenti fisiologici cagionati dalla luce nella retina, cioè la distruzione del rosso retinico e la pigmentazione dei due terzi inferiori dei bastoncelli, il ritiro del pigmento e la rigenerazione del rosso retinico coincidono precisamente nel medesimo periodo di tempo.

Molto interessante per la fisiologia del rosso retinico sembra a noi essere il fatto, stabilito da noi in una speciale serie di esperimenti, che la reazione fisiologica delle cellule pigmentate alla luce non viene in alcun modo turbata dal taglio del nervo ottico: ancora 30 giorni dopo questa operazione abbiamo potuto constatare la variabilità fisiologica del pigmento comportarsi come nello stato normale. Questo fatto corrisponde esattamente al risultato di un'altra serie di ricerche fatte nel nostro laboratorio dal Colasanti (1); il quale parimenti lungo tempo dopo il taglio del nervo ottico constatò immutata la ripristinazione fisiologica del rosso retinico (2).

La questione in qual modo avvengano i mutamenti fisiologici nel pigmento retinico è altrettanto interessante che difficile a risolvere. Si deve ammettere un continuo formarsi e distruggersi nei prolungamenti delle cellule dei granuli di pigmento sotto l'influenza della luce e dell'oscurità? O piuttosto non si deve pensare ad un cambiamento di luogo o ad una migrazione dei granuli di pigmento la cui quantità non subirebbe che inapprezzabili mutamenti? Per l'impressione che si riceve a primo aspetto dobbiamo confessare che quest'ultima eventualità ha la più grande probabilità; ma se noi ci fermiamo ad analizzarla, incontriamo subito nuove difficoltà nell'interpretazione del modo col quale essa si effettua. Come si fa questa migrazione? Avranno le cellule dell'epitelio retinico come le Amibe la potenza di trarre ed allontanare dal loro corpo i loro prolungamenti? Od invece migrano i singoli granuli di pigmento scendendo giù e su nell'interno d'ogni prolungamento senza che la sostanza di questo ne venga perciò mutata? Questo dilemma sulla natura dei movimenti del pigmento non è facile a risolversi. Poichè se con la prima di queste due ipotesi, si spiega benissimo la grande facilità con la quale in un animale tenuto all'oscurità si distacca la retina dallo strato pigmentato in seguito all'assenza dei filamenti pigmentati che nelle retine state alla luce s'estendono fino alla limitante esterna, con la seconda ipotesi collima meglio l'osservazione che nell'oscurità si vedano i prolungamenti delle cellule nelle loro lunghe estremità terminali perfettamente scevri di pigmento. Poichè, per quanto anche noi vi avessimo posto attenzione, inoltre della diversa intensità della pigmentazione, non abbiamo potuto

(1) Atti dell'Accademia medica di Roma. Anno III. 1877. fasc. 2 p. 47.

(2) Non dobbiamo lasciare inosservato che in queste nostre ricerche per conoscere le fasi della pigmentazione dello strato dei bastoncelli abbiamo solo utilizzato la parte più centrale del fondo dell'occhio, sulla quale è incontestabile che devono cadere i raggi luminosi. Nelle rane poste all'oscurità tale cautela è perfettamente inutile, mentre in quelle esposte alla luce essa è essenziale, poichè i caratteri più salienti prodotti dall'azione della luce spesso non si riscontrano che in questa regione.

dimostrare altre differenze nei prolungamenti delle rane tenute alla luce o di quelle tenute all'oscurità: anzi i prolungamenti delle ultime ci apparvero sempre altrettanto numerosi ed altrettanto lunghi come quei prolungamenti fino all'estremità libera pigmentati, i quali si trovano nelle rane tenute alla luce. Se questo risultato negativo delle nostre comparative ricerche fosse assolutamente incontrastabile, la sopra accennata questione sarebbe risoluta nel senso della migrazione dei soli granuli di pigmento e della invariabilità dei prolungamenti, i quali allora non potrebbero essere considerati come semoventi pseudopodi, ma come formazioni fisiologicamente e morfologicamente costanti.

Qui sarebbe esaurito tutto ciò che può esser detto sulla tipica struttura degli epiteli pigmentati retinici delle rane e sulle differenti parti che costituiscono questi organismi elementari sì altamente complicati. Resta ancora a menzionare le varietà di forma ed i differenti caratteri che presenta quest'epitelio nelle diverse regioni della retina. Queste varietà però non sono mai molto considerevoli e, per la maggior parte, di sola natura quantitativa. Come fu di già accennato, nell'equatore del bulbo le cellule pigmentate mostrano la maggiore estensione di superficie, tanto che arrivano a ricoprire, come fu giustamente calcolato da Morano, da 12 a 15 bastoncelli; la loro altezza però non corrisponde allo sviluppo della superficie, essendo basse e corte: possiedono una cupola protoplasmatica assai bassa ed una schiacciata calotta cuticulare. L'opposto di queste forme presentano le piccole cellule epiteliali nel centro della retina, le quali alle volte sono sì strette che ricoprono un solo bastoncello (Morano), mentre nella loro altezza sono grandemente sviluppate. L' altezza della cupola protoplasmatica, alla quale corrisponde l'altezza della calotta cuticulare presenta sovente la doppia dimensione di quella posseduta dalle cellule dell'equatore del bulbo. Come lasciasi attendere in seguito al maggiore consumo di materiale fisiologico che effettuasi nel centro della retina trovasi nelle cellule di questa regione una quantità di gocciole oleose e di granuli aleuronoidi immagazzinati in proporzione straordinariamente maggiore di quella contenuta nelle grosse cellule dell'equatore del bulbo; specialmente i granuli aleuronoidi vi si trovano spesso in tale quantità da occupare completamente l'intiero segmento della cupola protoplasmatica ricoperto dalla calotta cuticulare. Anche in rapporto ai granuli di pigmento si osserva una caratteristica differenza fra le parti centrali e periferiche della retina. Nelle parti centrali le cellule epiteliali contengono una quantità minore di granuli di pigmento, i quali presentano un color castagno, mentre nelle cellule epiteliali dell'equatore, in cui mostrasi più ricco il numero dei granuli, questi hanno un colorito quasi perfettamente nero. È questa una osservazione piuttosto curiosa: poichè l'analogia della retina dell'uomo colla sua *Fovea centralis* intensamente pigmentata avrebbe fatto supporre precisamente il contrario.

Al di fuori della rana esculenta non si trovava a nostra disposizione nessun altro rappresentante della famiglia degli anfibi incaudati. Egualmente della famiglia degli anfibi caudati ci doveva bastare una specie sola, cioè il *Triton cristatus*.

Già antecedenti osservazioni hanno portato a conoscere che il volume dei bastoncelli e dei coni negli anfibî caudati è di gran lunga maggiore ancora di quello che presentano gli anfibî incaudati. Lo stesso fatto, e quasi ancora in grado maggiore

noi abbiamo potuto constatare anche per le cellule dell'epitelio retinico. La superficie perfettamente esagonale delle cellule del *Triton* sorpassa in estensione il doppio ed alcune volte anche il triplo delle più grandi cellule epiteliali delle rane (fig. 11, 14, 15); queste cellule all'opposto sono poco sviluppate nella loro altezza tanto che la cellula che noi abbiamo rappresentato nella nostra fig. 16 era fra le più alte di tutte le cellule dell'epitelio pigmentato del *Triton* che noi abbiamo isolato. Esse sono intromesse, come nella retina delle rane, nell'apparecchio cuticulare della *Lamina reticularis retinae* e possiedono egualmente la loro propria calotta cuticulare: solamente nel *Triton cristatus* queste calotte sono più basse e perciò più difficili a riconoscere, Degno di nota è la grande facilità con la quale le cellule epiteliali si dividono nelle loro due parti, cupola protoplasmatica e base pigmentata, sia nelle ricerche dello stato fresco che nella macerazione nell'acido cromico, o nell'indurimento dell'acido osmico. Così si ottengono dei preparati simili a quei tre da noi rappresentati nelle fig. 11, 14, 15, dei quali i primi due rappresentano un mosaico formato dalle sole cupole protoplasmatiche (fig. 11, dopo la macerazione nell'acido cromico diluito; fig 14, dopo l'indurimento nell'acido osmico), mentre il terzo rappresenta un altro mosaico (fig. 15), isolato da una retina trattata con l'acido osmico ed esclusivamente composto dalle basi pigmentate da cui si sono staccate le cupole protoplasmatiche.

Le cellule dell'epitelio retinico del *Triton cristatus* contengono nella loro cupola protoplasmatica gli stessi corpi da noi osservati nelle rane: il nucleo che esse contengono è molto grande, sta quasi sempre allato di una delle pareti cellulari e possiede spesso due nucleoli; le gocciole oleose sono numerosissime trovandosene fino a 20 e più entro una sola cellula; all' opposto esse sono quasi tutte di piccolo volume, raggiungendo molto raramente le più grandi, la metà del diametro che possiede il nucleo. Solamente pochissime gocciole oleose mostrano il bel color giallo d'oro tanto caratteristico per le gocciole della rana, mentre il numero prevalente offre un color giallo limone, alcune volte sì sbiadito che solo a causa della loro forma rotonda e della loro forte lucentezza possono essere distinte dai granuli aleuronoidi. Questi ultimi in ogni cellula sono presso a poco dello stesso numero delle gocciole oleose colle quali hanno comuni le stesse dimensioni (fig. 12), tanto che i più piccoli di essi che hanno un diametro quasi incalcolabile, possono solo distinguersi dalle minime gocciole oleose mediante la reazione coll'acido osmico, il quale colora le gocciole oleose in color castagno scuro, mentre i granuli aleuronoidi ne vengono coloriti in grigio scuro od in nero. In rapporto alla topografica disposizione di questi corpi, riscontrasi nel *Triton* lo stesso fatto, sul quale noi abbiamo già posto attenzione nelle rane, cioè che i granuli aleuronoidi occupano a preferenza il segmento superiore della cupola protoplasmatica, mentre le gocciole oleose si trovano più ravvicinate alla linea di confine che separa la cupola protoplasmatica dalla base pigmentata. Questo fatto è specialmente ovvio a riconoscersi nella fig. 14, che rappresenta un preparato ottenuto col trattamento all'acido osmico, nel quale vicino al nucleo veggonsi conservati i granuli aleuronoidi situati nel segmento superiore della cupola protoplasmatica, mentre delle gocciole oleose situate più in basso non apparisce più alcuna traccia.

Nei preparati all'acido osmico, le basi pigmentate di queste cellule isolate e vedute di superficie compariscono quasi sempre perforate da fori trasparenti (fig. 15),

ogni singolo dei quali corrisponde allo spazio già occupato da un membro esterno dei bastoncelli: dalla quantità di tali fori si comprende subito il numero dei bastoncelli che copriva colla sua superficie esagonale ciascuna cellula da noi rappresentata. I prolungamenti della base pigmentata reagiscono alla luce ed all'oscurità nella stessa maniera che nelle rane.

Della classe dei rettili noi abbiamo potuto esaminare solo tali specie ove nella retina provvista di coni soli manca lo strato dei bastoncelli, e per conseguenza anche il rosso retinico, *Testudo graeca*, *Lacerta agilis*, *muralis*, *viridis*. Gli epitelî pigmentati di questi animali presentano fra loro una grande identità di struttura. Il sistema della *lamina reticularis retinae* è ben sviluppato. Le singole calotte però non sono pronunciate come nelle rane, presentandosi schiacciate, ricoprendo la sola superficie superiore della cellula epiteliale, nè estendendosi sopra le parti laterali della cupola protoplasmatica. Nella cupola protoplasmatica delle specie da noi esaminate è contenuto il nucleo, il quale come nelle rane è unico e possiede un nucleolo solo; granuli aleuroncidi e gocciole gialle non trovansi nel protoplasma di queste cellule, invece veggonsi non come costante, ma pure frequente evenienza delle gocciole di grasso incolore, la di cui presenza rara nelle lucertole, riscontrasi come un fatto più ovvio nelle testuggini (fig. 18). Come nel *Triton cristatus* anche in queste specie di rettili le cellule epiteliali si dividono facilmente nelle loro due parti componenti, cupola protoplasmatica e base pigmentata; tale divisibilità osservasi a preferenza nella *Testudo graeca*, in cui riesce raramente di isolare una cellula intiera, specialmente nei preparati all'acido osmico. In tal caso le cellule appariscono quali regolari cilindri ricoperti da una relativamente spessa membrana cuticulare. Nella loro cupola protoplasmatica a sufficienza bene sviluppata, colorata uniformemente in grigio (dalla reazione dell'acido osmico) un nucleo il più delle volte non è più visibile (fig. 17). La base pigmentata ed i suoi prolungamenti presentano sempre un aspetto elegante e molto regolare. I granuli di pigmento hanno la forma di esili aghi e sono col loro asse longitudinale posti parallelamente all'asse della cellula. Le basi pigmentate, isolate e vedute di superficie appariscono crivellate da piccoli forami, che non corrispondono come nel *Triton* a spazî occupati dai bastoncelli, ma invece nei rettili che mancano di bastoncelli corrispondono a spazî precedentemente occupati dai coni. Il numero dei coni ricoperti da queste cellule è stragrande tanto che nel preparato da noi rappresentato nella fig. 19, circa 40 coni corrispondono alla superficie d'una sola cellula epiteliale.

Noi non abbiamo potuto con sicurezza risolvere la questione se nella retina anche dei rettili avvengono mutazioni fisiologiche di luogo dei granuli di pigmento, cioè se in seguito dell' azione della luce essi vengano portati fino alla limitante esterna, e se sotto l' influenza dell' oscurità di nuovo si allontanino da essa. La testuggine per la sua fotofobia s'oppone costantemente ad ogni esperimento. Nella lucertola poi fummo costretti d' interrompere le nostre ricerche prima d' un incontestabile risultato. In esse noi abbiamo sempre trovato fortemente pigmentato lo strato dei coni, tanto nelle retine state lungamente esposte alla luce, quanto in quelle tenute nell' oscurità; ma se la pigmentazione in questi due opposti stadî fisiologici fosse egualmente intensa, e s' estendesse realmente fino allo stesso punto nello strato dei coni, le nostre poche ricerche non hanno potuto con certezza

determinare. Possiamo però sicuramente concludere almeno questo, che se esiste un movimento fisiologico del pigmento retinico nello strato dei coni delle lucertole, esso è molto meno sensibile che nello strato dei bastoncelli degli anfibî.

Come in tante altre strutture istologiche, anche nella struttura dell'epitelio retinico presentano gli uccelli una grande somiglianza coi rettili; anche in essi la lamina reticolare della retina non mostrasi composta da calotte scendenti molto in basso, ma esse rappresentano precisamente come nei rettili un rivestimento cuticulare interamente piano sulla superficie d'ogni singola cellula. La stessa somiglianza che trovasi nella struttura della lamina cuticulare, si riscontra poi anche nei granuli di pigmento i quali presentano costantemente quella stessa forma di esili aghi, che pare altrettanto caratteristica come per la classe dei rettili, anche per quella degli uccelli.

L'unica particolarità degna di nota che distingue l'epitelio pigmentato degli uccelli dal descritto epitelio dei rettili (nei quali mancano i bastoncelli), sembra stare in un interessante rapporto morfologico colla presenza dei bastoncelli nella retina degli uccelli. Pare che laddove le cellule epiteliali ricoprono solamente lo strato dei coni, in esse manchino le specifiche deposizioni (gocciole oleose e granuli aleuronoidi) delle quali noi abbiamo sì estesamente di già parlato interpretandole qual materiale destinato al risarcimento delle perdite fisiologiche dello strato dei bastoncelli e dei coni; mentre queste specifiche deposizioni non mancherebbero mai nell' interno delle cellule ove esse oltre ai coni ricoprono anche lo strato dei bastoncelli in cui riscontrasi il rosso retinico. In riguardo a questo rapporto, lo studio della retina delle civette era per noi sopra ogni altra cosa importantissimo. Le civette come è noto occupano nella classe degli uccelli un posto speciale, poichè i coni, che in genere nella struttura delle retine degli uccelli fanno la parte principale, sono in esse quasi completamente rimasti indietro al colossale sviluppo dei bastoncelli, i quali possiedono, come a noi è sembrato, un rosso retinico d'una rimarchevole durata. Di più, oltre che i coni sono meno numerosi e molto piccoli in proporzione dei bastoncelli, hanno ancora la caratteristica proprietà che sulla linea di confine che separa i loro membri esterni dai membri interni non si trova come negli altri uccelli una gocciola di luteina (gocciola oleosa) di color rosso rubino o di giallo d'oro, ma invece questa gocciola mostrasi sempre d'un color giallo pallido, o perfino perfettamente scolorata. Esaminando però l'epitelio pigmentato, veggonsi situate nella cupola protoplasmatica delle cellule cilindriche le gocciole oleose d'un bel giallo d'oro, che non si è potuto trovare nello strato dei coni (fig. 13). Il numero di tali gocciole che si trova in una di queste cellule pigmentate (le quali presso la civetta non sono molto grandi) è assai considerevole, occupando la media fra le gocciole situate nelle grandissime cellule del Triton e quelle contenute nelle cellule delle rane. La loro grandezza, ed anche più il loro colore le fa assomigliare più alle gocciole oleose delle rane che a quelle del Triton; la maggior parte di esse sono grandi e quasi tutte sono colorite in giallo d'oro intenso, solo poche sono quelle che presentansi di color giallo limone. Singolare è la propensione che esse mostrano di riunirsi in gruppi di cui non abbiamo trovato alcun esempio sia nelle rane che nel Triton. Allato delle gocciole oleose riscontransi costantemente i granuli aleuronoidi i quali sono quasi più numerosi ed in parte altrettanto grandi che le gocciole oleose. Precisamente come nel Triton e nelle rane

anche nelle civette i granuli aleuronoidi occupano il segmento superiore, mentre le gocciole si trovano nel segmento inferiore della cupola protoplasmatica. Ambedue questi corpi, tanto le gocciole oleose quanto i granuli aleuronoidi, riscontransi più numerosi nelle piccole ed alte cellule del centro della retina che nelle larghe e basse cellule dell'equatore di essa.

La retina dei piccioni ha a noi dato occasione di fare una osservazione simile a quella fatta nella retina delle civette, quantunque in un modo non tanto spiccato. Nella retina di essi trovansi, allato di estese regioni che posseggono lo strato dei bastoncelli e per conseguenza anche il rosso retinico, delle altre zone non meno estese dove i bastoncelli completamente mancano, ed i prolungamenti delle cellule pigmentate sono esclusivamente situati fra i coni. Esaminando preparati, dopo l'indurimento coll'acido osmico, dove le cellule di queste due differenti regioni della retina sono rimaste in connessione collo strato dei bastoncelli, o dei coni, in quei preparati dove le cellule epiteliali sono in rapporto solamente coi coni non vedesi nella cupola protoplasmatica alcuna traccia di specifiche deposizioni (fig. 24); mentre queste all'opposto non mancano giammai nella cupola protoplasmatica delle cellule epiteliali, laddove i prolungamenti di esse circondano membri esterni di bastoncelli (fig. 20). In questi preparati trattati coll'acido osmico, in cui le deposizioni contenute nella cupola protoplasmatica presentavansi sotto l'aspetto di pallette o di granuli colorati in nero dal reattivo, noi non potevamo trarre una conclusione sulla natura di esse, non avendo potuto rimettere questi preparati, o ripetere un altra volta questa osservazione, nello strato fresco; sicchè non potendo positivamente decidere sulle loro proprietà dobbiamo lasciare irrisoluta la questione se esse rappresentino gocciole oleose, o granuli aleuronoidi, ovvero un altro materiale differente a questi due corpi. Sotto questo punto le nostre ricerche lasciano a deplorare una lacuna che speriamo venga in breve ricolmata.

Più precisi risultati noi abbiamo ottenuto nella ricerca della migrazione dei granuli di pigmento nella retina degli uccelli. Questa migrazione pare che abbia presso gli uccelli una parte assai importante essendo i due differenti stati anatomici che ne sorgono, facilmente riconoscibili già alle sole osservazioni macroscopiche. Nella preparazione della retina e dell'epitelio pigmentato, colpisce il fatto che in quelle retine state alla luce lo strato pigmentato resta per grandi brani aderente agli altri strati della retina, mentre la netta divisione di queste due membrane avviene completamente e con grande facilità in quelle retine state precedentemente all'oscurità (1). L'esame microscopico di questi due differenti stati della retina negli uccelli (civetta piccione) ci ha presentato quasi gli stessi risultati da noi descritti nelle rane. Nelle retine state all'oscurità, lo strato dei bastoncelli e dei coni appare pigmentato nella sola sua parte superiore fino ad una linea la quale limita il terzo esterno di questo strato, mentre i due terzi interni fino alla limitante esterna rimangono sempre

(1) Si paragonino a questo fatto le parole di Enrico Müller, *Sulla retina dei piccioni* « Diversissimo è il grado di coesione colla quale lo strato dei bastoncelli aderisce alla membrana pigmentata, alcune volte però dividonsi questi due strati tanto facilmente, da far dubitare se realmente in tutte le parti dell'occhio sia egualmente intimo il rapporto fra lo strato dei bastoncelli ed il pigmento ». E. Müller, *Gesammelte und hinterlassene Schriften zur Anatomie und Physiologie des Auges* I. p. 79.

completamente liberi di granuli di pigmento. All'opposto, nelle retine state assoggettate ad una luce intensa, la pigmentazione dello strato dei bastoncelli e dei coni si estende molto al di là del terzo superiore; generalmente, essa con uniforme intensità prosegue fino al limite interno dei membri esterni dei bastoncelli e continua poi con intensità alquanto scemata fra i membri interni dei bastoncelli e dei coni, per arrivare fino alla membrana limitante esterna. Al disotto di essa anche negli uccelli non abbiamo mai osservato alcun granulo di pigmento.

Quando noi istituimmo queste ricerche sulla migrazione del pigmento nella retina degli uccelli, non portammo ancora la nostra attenzione sulla diversità fisiologica di quelle speciali regioni, che esistono nella retina del piccione, contenenti solo coni e non bastoncelli. È per questa ragione che non sappiamo dire nulla di positivo, se anche in queste zone avvengano i mutamenti di luogo dei granuli di pigmento o se ivi manchino. Tuttavia tale conoscenza avrebbe avuto uno speciale interesse in rapporto al dubbioso risultato ottenuto sulla migrazione del pigmento nello strato dei coni mancante di bastoncelli delle retine delle lucertole: ora non avendo raggiunto un risultato positivo, nè nei rettili nè negli uccelli, dobbiamo lasciare nel dubbio se la migrazione dei granuli di pigmento sia una proprietà fisiologica di tutte le cellule dell'epitelio retinico, ovvero se essa sia solamente propria di quelle cellule i di cui prolungamenti abbracciano membri esterni dei bastoncelli. Che in alcune circostanze lo strato dei coni della retina del piccione, nelle zone scevre di bastoncelli, possa presentarsi libero da granuli di pigmento, lo dimostra il preparato da noi disegnato nella fig. 21, nell'esecuzione del quale disgraziatamente non badammo a rimarcare se la retina a cui esso apparteneva era stata assoggettata all'azione della luce o dell'oscurità.

La suddetta fig. 21 venne da noi eseguita per esclusivo scopo speciale morfologico, senza considerazioni fisiologiche; essa era destinata ad illustrare una specialità morfologica dello strato pigmentato, la quale, secondochè noi sappiamo, sembra fino ad ora sfuggita a tutti gli osservatori [1] ed a cui noi vogliamo dare il nome di « spostamento scaglioniforme delle cellule pigmentate ». Questo « spostamento » di cui trovansi già deboli traccie negli anfibî, presentasi più pronunciato nei rettili, e raggiunge il suo maggiore sviluppo nella classe degli uccelli, e perciò viene da noi in questo luogo descritto. Esso è una particolarità locale della parte anteriore all'equatore della retina. Ivi l'asse di ciascuna cellula epiteliale cilindrica, da noi fin qui considerato sempre come verticale, si trasforma in un asse trasverso, e le cellule da prismi esagonali retti divengono prismi esagonali obliqui. Ogni singolo segmento della cellula, cupola protoplasmatica e base pigmentata e suoi prolungamenti con i bastoncelli ed i coni fra essi situati, non resta l'uno coll'altro combinato su d'una linea verticale,

[1] Secondo Enrico Müller (loc. cit. I p. 78) ha v. Wittich (*Zeitschrift für wissensch. Zoologie* Bd. IV p. 458) descritto uno spostamento vorticoso delle cellule epiteliali. Enrico Müller crede che tale aspetto delle cellule dell'epitelio retinico « devesi alla differente direzione che esse prendono « nelle manualità della preparazione ». Non essendoci stato possibile consultare il lavoro originale di Wittich non possiamo sapere se egli realmente abbia osservato quella singolarità di struttura dell'epitelio retinico da noi chiamata spostamento scaglioniforme, o se egli, come crede E. Müller, siasi imbattuto in un errore di preparazione.

ma tutte queste parti presentansi a guisa di scaglioni inclinati e spostati gli uni sopra gli altri. Questo singolare cambiamento sta manifestamente in stretto rapporto colle condizioni diottriche, poichè trovasi solamente in quella parte del bulbo dove i raggi luminosi, che partono dal nodo posteriore dell'occhio, non possono ferire la retina che in direzione assai obliqua.

Per la classe dei mammiferi, ci limitiamo a descrivere l'epitelio pigmentato di quei due soli animali che noi abbiamo potuto con esattezza studiare. Ambedue questi animali, il coniglio ed il bove, presentano nella struttura dell'epitelio retinico tanto caratteristiche differenze che possono essere considerati quali rappresentanti di due tipi affatto differenti, secondo i quali sembra essersi sviluppato l'epitelio pigmentato nella classe dei mammiferi. Simile al tipo del bove noi abbiamo trovato, almeno con ricerche superficiali, l'epitelio retinico della pecora, del cane, del gatto (i quali tutti come il bove sono provvisti di tappeto). Al tipo dei conigli non abbiamo fino ad ora con sicurezza trovato un secondo rappresentante (dei quali forse qualcheduno ancora sarà riscontrato nei rosicchianti eliofobi mancanti di tappeto).

Come in tutti i vertebrati anche nei conigli le singole cellule epiteliali sono contenute nelle cornici esagonali della lamina reticolare della retina. La struttura di queste formazioni cuticulari nel coniglio (come negli altri mammiferi ed anche nel bove, che in questo rapporto non offre nessuna differenza) si ravvicina moltissimo al tipo degli anfibî da noi sì estesamente descritto nelle rane; così ritrovansi nei mammiferi le calotte cuticulari che s'estendono anche in basso ai lati della cupola protoplasmatica, come osservasi nella fig. 25 *b*, e non quelle piane coperture che sembrano esclusivamente proprie delle due classi degli uccelli e dei rettili. Però le calotte cuticulari dei mammiferi, abbenchè assomiglino nella forma a quelle delle rane, non estendonsi tanto in basso, e perciò compariscono più corte. Riguardo questa altezza minore delle calotte dei mammiferi sarà utile di tenere conto del fatto che, proporzionatamente, l'altezza d'ogni singola cellula epiteliale dei mammiferi è molto più corta di quella delle rane.

Molto singolare e differente dalle immagini che ci hanno presentato gli epitelî retinici degli altri vertebrati finora descritti (¹), è l'aspetto dell'epitelio pigmentato dei conigli visto in superficie (fig. 22, 23 da un coniglio albino, fig. 24 da un coniglio pigmentato). In esso non riscontrasi la regolare disposizione di cellule, tutte della stessa grandezza e della stessa forma esagonale, ma invece il mosaico comparisce formato da cellule di differente forma, grandezza e vario numero di lati, disposte a primo aspetto senza alcuna regola. Esaminando più attentamente questo mosaico di cellule, si giunge presto a conoscere una legge di regolarità che domina la loro apparentemente sconnessa disposizione, ed a stabilire in primo luogo che esse presentansi sotto due differenti forme fra cui pare che non esistono punti di passaggio: le une sono grandi e contengono due nuclei ognuno dei quali possiede un nucleolo, le altre, la di cui

(¹) Le prime osservazioni sulla specialità dell' epitelio pigmentato dei conigli trovansi presso E. Müller (loco cit. p. 686) « Nei conigli le cellule della coroidea contengono una od alcune gocciole oleose, nei conigli albini queste cellule, che presentano un' irregolare grandezza, e spesso contengono due nuclei, rappresentano delle figure molto delicate ».

dimensione corrisponde quasi esattamente alla metà delle prime, possiedono costantemente un solo nucleo. In secondo luogo s'avverte che queste due specie di cellule sono disposte seguendo una legge speciale, in modo che sembra principalmente evitata la riunione delle cellule della stessa dimensione: così le grandi sono sempre circondate dalle piccole, mentre le piccole hanno per loro vicine sempre le grandi cellule. Per tale maniera trovasi costantemente nel mosaico dell'epitelio pigmentato dei conigli, un continuo ma regolare cambiamento di ambedue le forme di queste cellule. Questa interessante struttura riscontrasi tanto nei conigli albini che nei pigmentati, sia negli individui giovani che negli adulti; essa sembra anche essere egualmente estesa in tutte le parti della retina, poichè noi la troviamo tanto nell'equatore dell'occhio che nelle parti più centrali; dobbiamo però in questa ultima asserzione tener conto della possibilità, che nel centro proprio della retina, sul luogo della visione più precisa, esista forse un'altra e più omogenea disposizione degli epitelî pigmentati.

Non tenendo a calcolo nè la diversa dimensione nè l'unico o doppio nucleo, tanto le piccole che le grandi cellule dell'epitelio retinico dei conigli sono formate egualmente (fig. 25). Esse posseggono come nelle altre classi dei vertebrati una cupola protoplasmatica in cui è situato il nucleo, ed una base pigmentata (naturalmente libera di pigmento nei conigli albini).

In vicinanza dell'unico o del doppio nucleo si riscontrano quale costante trovato nell'interno della cupola protoplasmatica, le gocciole oleose. In ogni singola cellula riscontransi parecchie di esse, delle quali le più grandi superano alle volte la grandezza del nucleo. Se esse contengano luteina, non lo abbiamo potuto con sicurezza constatare. Esse compariscono perfettamente scolorate o solo tinte in giallo molto pallido; coll'aggiunta d'acido solforico concentrato passa questa pallida colorazione in un colore verde bluastro altrettanto pallido. Questo cambiamento di colore però è così incerto che noi non possiamo su d'esso concludere la presenza della luteina. In ogni caso se questa sostanza riscontrasi nelle gocciole oleose dei conigli essa v'è contenuta in sole minime proporzioni.

Lo studio della base pigmentata e dei suoi prolungamenti ci ha condotto innanzi tutto ad occuparci d'una questione importante sia dal lato pratico (in riguardo alla patologia del distacco retinico), che teorico, cioè la questione come avvenga che nei mammiferi e nell'uomo esiste un grado minore di coesione dello strato dei bastoncelli e dei coni colla membrana epiteliale pigmentata di quello che riscontrasi nelle altre classi dei vertebrati fin qui esaminate. Questa differenza sorprende già nelle preparazioni macroscopiche. Negli anfibî rettili ed uccelli è un fatto costante che nelle preparazioni di occhi freschi (dei quali noi esclusivamente parliamo) antecedentemente assoggettati all'azione dei raggi luminosi si trova lo stato pigmentato, o completamente, o per grandi tratti aderente alla retina, mentre se gli occhi subirono l'influenza dell'oscurità resta lo strato pigmentato aderente per grandi tratti alla coroidea; salvo che in questo ultimo caso possono rimanere anche aderenti alla retina dei brani alle volte altrettanto grandi, ma generalmente più piccoli di quelli che hanno seguito la coroidea. All'opposto, è un fatto già da molto tempo conosciuto, che nei mammiferi o nell'uomo l'epitelio pigmentato possiede in tutte le circostanze una coesione minima colla retina, e nella

preparazione di essa resta sempre completamente aderente alla coroidea (¹). La quasi assoluta costanza di questo trovato spiega, come anche nei tempi recenti fino all'esatta conoscenza dello sviluppo embriologico, l'epitelio pigmentato il quale la maggiore parte degli anatomici non conosceva che dall'occhio dell'uomo o dei mammiferi fu ad unanimità assegnato alla coroidea e non alla retina colla quale non riusciva loro nella preparazione di trovarlo in continuità.

Ciò che noi possiamo dire in riguardo a questa differenza è, che morfologicamente fra l'epitelio pigmentato e lo strato dei bastoncelli e dei coni dei mammiferi esistono precisamente gli stessi rapporti da noi già esaminati nelle altre classi dei vertebrati. Corrispondendo però alla grande esilità dei bastoncelli e dei coni dei mammiferi, le cellule pigmentate ricoprono una più grande quantità di questi elementi, tanto che sotto la superficie d'una piccola cellula epiteliale dell'epitelio pigmentato dei conigli (fig. 24) appariscono da 8 a 10 coni, mentre le più grandi ne ricoprono il doppio da 16 a 20. Il numero dei bastoncelli che sono annicchiati sotto la base pigmentata secondo il nostro apprezzamento dovrebbe variare da 40 a 50 per le piccole cellule, mentre le grandi ne mostrano ricoprire fino a 100. Tutti questi elementi colla cellula pigmentata che li ricuopre entrano esattamente nella stessa riunione anatomica che noi abbiamo trovato costante nelle altre classi dei vertebrati. I bastoncelli ed i coni toccano colla loro estremità libera la superficie inferiore della base pigmentata, la quale parimenti estende i suoi prolungamenti nei spazî esistenti fra i bastoncelli ed i coni, egualmente come fa negli anfibi, rettili ed uccelli. Questi prolungamenti anche nei mammiferi si estendono precisamente fino allo stesso limite, al quale arrivano nelle altre classi dei vertebrati, cioè fino alla membrana limitante esterna. Questi prolungamenti, corrispondendo alla poca lunghezza dei bastoncelli e dei coni, nei mammiferi sono tanto corti che nei preparati in cui le cellule pigmentate e lo strato dei bastoncelli e dei coni sono leggermente inclinati restano essi per la maggior parte ricoperti, e solo appariscono chiaramente quando le cellule presentansi puramente di profilo.

Come la struttura morfologica anche i fatti fisiologici relativi ai prolungamenti delle cellule pigmentate dei mammiferi sembrano seguire le stesse leggi da noi osservate nelle altre classi dei vertebrati. Nei conigli (non albini) noi abbiamo più volte paragonato delle retine assoggettate alla luce od all'oscurità; in ambedue i casi avviene con grande facilità nella preparazione una netta divisione fra la retina e l'epitelio pigmentato, il quale resta quale una membrana continua aderente alla coroidea. Le ricerche microscopiche però portano a conoscere una marcata differenza in rapporto alle diverse condizioni fisiologiche a cui si era assoggettata la retina. Sotto l'azione della luce lo strato dei bastoncelli contiene granuli di pigmento e mostrasi in molti luoghi ridotto in brani e lacerato. In relazione a queste lesioni di continuità vedonsi numerosissimi gruppi di membri esterni dei bastoncelli rimasti aderenti alla superficie interna della membrana pigmentata. La soluzione di continuità adunque in questo

(¹) In antitesi a questa regola generale cita E. Müller « il noto fenomeno », che nella macula lutea l'epitelio pigmentato aderisce fortemente alla retina; oltre nell'uomo l'A. trovò anche ciò avverarsi in una scimmia (*Cebus capucinus*) (loc. cit. I p. 140).

caso non era nettamente avvenuta fra la membrana pigmentata e lo strato dei bastoncelli, ma bensì, accuratamente considerata, era accaduta nella spessezza dello stesso strato di quest'ultimi ([1]). L'antitesi di ciò presentano le retine esposte all'oscurità in cui si osservano nè granuli di pigmento nello strato dei bastoncelli, nè sono a riscontrarsi resti di bastoncelli aderenti alla superficie interna della membrana pigmentata. Qui la divisione è nettamente avvenuta nella linea di confine fra la membrana pigmentata e lo strato dei bastoncelli. La stessa differenza nel modo di questa soluzione di continuità è anche rimarcabile nei conigli albini. Si paragonino le fig. 22, 23 delle quali la prima rappresenta una retina tenuta all'oscurità, la seconda una retina assoggettata alla luce. In quest'ultimo caso si vede la superficie inferiore delle cellule epiteliali coperta da numerosi punti neri che corrispondono a frammenti di bastoncelli colorati dall'acido osmico, i quali in seguito al distacco della retina dalla coroidea sono rimasti uniti alla membrana epiteliale. Nei preparati tratti dalle retine state all'oscurità (fig. 22) si cercherebbero inutilmente dei resti di bastoncelli nella membrana pigmentata, poichè in questo stato fisiologico la linea di divisione non avverasi a spese dell'integrità dello strato dei bastoncelli, ma corrisponde esattamente alla linea di confine che separa la retina dalla membrana pigmentata.

Se queste singole osservazioni vengano insieme considerate ed accettate per sufficienti, resta confermato il fatto che tanto nel coniglio quanto negli altri vertebrati il rapporto fra la membrana pigmentata e lo strato dei bastoncelli è soggetto a differenti cambiamenti fisiologici, e che esso viene reso più intimo dall'azione della luce, mentre l'opposto avverasi sotto l'influenza dell'oscurità; è innegabile tuttavia che la coesione delle cellule pigmentate collo strato dei bastoncelli nelle retine esposte alla luce anche intensissima rimane nel coniglio sempre piuttosto debole e che in questo rapporto fra i mammiferi ed il rimanente degli altri vertebrati provvisti con bastoncelli presentasi una notevolissima ed incancellabile differenza. Una ragione plausibile onde spiegare questa differenza non fu a noi possibile di rintracciare, poichè dobbiamo convenire che i noti fatti anatomici e le cause che ne derivano, come la brevità dei bastoncelli e dei prolungamenti delle cellule, l'esilità e per conseguenza la maggiore distruggibilità di essi, non possono che soltanto in parte giustificare questa differenza. Manifestamente si dovrà la vera ragione di questa differenza a fatti anatomici finora ignoti; così p. es. ci è sembrato molto probabile che nei mammiferi esistano speciali condizioni anatomiche per mezzo delle quali la membrana pigmentata dei mammiferi sia riunita collo strato interno della coroidea in più stretti rapporti che nelle altre classi dei vertebrati.

Quantunque non abbiamo avuto l'occasione d'esaminare, negli altri grossi mammiferi sopra citati, il modo di comportarsi della membrana pigmentata sotto diversi e

([1]) Si paragonino le osservazioni di E. Müller, *Sulla retina dei mammiferi* « Negli occhi freschi quando si divide la coroidea dalla retina resta (com'è conosciuto) qualche volta aderente al pigmento una gran parte dello strato dei bastoncelli che presentasi dopo sotto forma d'una pallida membrana. Ciò succede facilmente per la parte esterna dello strato, mentre i coni quasi soli seguono la retina. In un occhio freschissimo di cavallo ho trovato i bastoncelli tanto aderenti alla membrana pigmentata che essi rappresentavano uno strato che si lasciava ripiegare e sfibrare con essa ». (loc. cit. I p. 86).

determinati stati fisiologici, riteniamo però grandemente verosimile che anche in essi, come nei conigli, esistono gli stessi rapporti fra i reperti anatomici e gli stati fisiologici, poichè appunto la struttura della base pigmentata e dei prolungamenti che da essa emanano, nei suddetti mammiferi è perfettamente eguale a quella dei conigli, mentre le più importanti diversità di struttura, di cui sopra facemmo parola, hanno luogo in un' altra direzione, fondandosi sulla forma e disposizione delle cellule e sul contenuto della cupola protoplasmatica.

Come per un facile orientamento sulla struttura dell'epitelio retinico dei conigli, offre un individuo albino la preferenza su d'uno pigmentato, così riesce più facile lo studiare l'epitelio pigmentato del bove cominciando da quelle zone non pigmentate dove la coroidea è ricoperta dal tappeto. Già nelle prime ricerche si riconosce che qui sia per la disposizione del mosaico, che per la forma delle cellule presentasi un tipo molto differente da quello dei conigli; tutte le cellule posseggono un solo nucleo, sono all'incirca della stessa forma e grandezza, ed in generale rappresentano esagoni più o meno regolari allato dei quali riscontransi non raramente ancora altri poligoni.

Sulla forma di queste cellule lasciasi facilmente rimarcare che esse sono considerevolmente più alte delle basse cellule dei conigli. Questa differenza d'altezza viene in piccola parte dalla base pigmentata, mentre preponderatamente dipende dallo sviluppo della cupola protoplasmatica, che contiene oltre del nucleo costantemente unico anche materiale immagazzinato sotto forma di corpi che s'allontanano di molto dall'aspetto delle grosse gocciole oleose dei conigli. In ogni cellula trovansi quattro fino ad otto di essi che presentansi quali granuli rotondi all'apparenza solidi, sempre più piccoli del nucleo e d'un color castagno olivastro scuro o castagno rossastro. Questi granuli lasciansi meglio rimarcare nelle cellule di quelle zone ricoperte di tappeto (fig. 26). Anche nelle cellule leggermente pigmentate che corrispondono alla stretta zona di confine fra il tappeto e la coroidea pigmentata esse sono facilmente a riconoscersi distinguendosi dai granuli di pigmento quasi egualmente oscuri per la forma e per la grandezza (fig. 27). Molto difficile però è il riconoscerli nel vero epitelio pigmentato dove restano completamente ricoperti dagli ammassi di granuli di pigmento; tuttavia essi sono una parte costantemente propria anche di queste cellule ed appariscono distinti ad essere riconosciuti fra i granuli di pigmento quando p. es. per la pressione del copri-oggetto i mucchi di granuli di pigmento vengono convertiti in uno strato più esile. Sulla chimica composizione di queste interessanti figure, se esse contengano grasso e luteina come le gocciole oleose noi non possiamo fino ad ora nulla precisare [1].

Dopo tutto ciò resterebbe ancora a parlare della struttura dell'epitelio pigmentato nella classe dei pesci, nella quale come in parte si trova già osservato nelle anteriori monografie di Hannover e di Enrico Mueller, si riscontrano numerose particolarità di struttura anatomicamente e fisiologicamente assai interessanti. Disgraziatamente

[1] Già E. Müller occasionalmente fa menzione di questi corpi: « Le cellule (dell'epitelio pigmentato dell'occhio anormale d'un bove) contenevano piccole gocciole e piccoli ammassi di color castagno o giallo rossastro, che sembrano in parte costituiti da grasso o più probabilmente da pigmento. Tali corpicciuoli mi hanno altre volte sorpreso negli occhi dei bovi » (l. c. pag. 136).

le nostre ricerche relative a questa classe, incominciate su di una base piuttosto larga, dovettero rimanere incomplete in tante singole, e specialmente nelle più interessanti questioni, che non abbiamo potuto risolverci a pubblicarle. Noi stessi deploriamo sinceramente che nelle ultime pagine di questo lavoro si è ripetuto pur troppo sovente lo stesso inconveniente, cioè che noi fummo costretti di pubblicare, quantunque a malincuore, i monchi risultati di incomplete ricerche: osservazioni ed esperienze, che per mezzo di un lavoro continuato si sarebbero potute certamente ancora approfondire, ma che noi come fu di già accennato fummo costretti, nostro malgrado, interrompere ed abbandonare. Siamo convinti di averci permesso già tante di codeste licenze che non ci potrebbe esser più lecito di mettere ad ulteriori prove la pazienza del lettore. Ci riserbiamo adunque di ritornare sopra l'epitelio pigmentato dei pesci, facendone argomento di altra speciale monografia.

SPIEGAZIONE DELLE FIGURE

Tutte le figure sono disegnate con un ingrandimento Hartnack IX immersione Ocul. n. 2.

Fig. 1. *Rana esculenta* — Dopo antecedente macerazione in acido cromico diluito. Superficie dell'epitelio pigmentato veduta dal lato della coroidea. Nei margini della figura le cellule epiteliali sono cadute dalle cornici della membrana reticolare della retina e questa è rimasta isolata.

Fig. 2. *Rana esculenta* (Oscurità) — Dopo macerazione in acido osmico diluito. Sei cellule isolate *a*, *b*, *c*, dal centro; *d*, forma di passaggio; *e*, *f*, dalla periferia della retina.

Fig. 3. *Rana esculenta* (Oscurità) — Dopo macerazione nell'acido osmico allungato. Una serie riunita di cinque cellule epiteliali del centro della retina; rimarcabile è la regolare disposizione dei granuli aleuronoidi nel segmento superiore della cupola protoplasmatica.

Fig. 4. *Rana esculenta* (Luce) — Preparato macerato nell'acido osmico diluito. In *a* un pajo di cellule riunite del centro, *b* una cellula della periferia della retina; i prolungamenti di esse sono pigmentati fino al loro termine.

Fig. 5. *Rana esculenta* (Oscurità) — Ricerca a fresco del contenuto di due cellule dell'epitelio retinico. In *a* insieme col nucleo trovansi quattro gocciole oleose di color giallo, ed otto granuli aleuronoidi fra cui uno dei più grandi; in *b* insieme col nucleo veggonsi due grosse e due piccole gocciole oleose di color giallo, e sette granuli aleuronoidi.

Fig. 6. *Rana esculenta* (Luce) — Ricerca a fresco del contenuto di due cellule dell'epitelio retinico. In *a* trovansi insieme col nucleo una grande gocciola oleosa pallidamente colorata, tre gocciole oleose d'un giallo carico, e sette granuli aleuronoidi; presso *b* trovansi accanto al nucleo una gocciola pallida, quattro gocciole oleose gialle e sei granuli aleuronoidi.

Fig. 7. *Rana esculenta* (Oscurità) — Da un preparato indurito nell'acido osmico. Una parte dello strato dei bastoncelli e dei coni in naturale riunione con quattro cellule pigmentate. I granuli di pigmento s'estendono fino al terzo superiore dello strato dei bastoncelli.

Fig. 8. *Rana esculenta* (Luce) — Dopo l'indurimento nell'acido osmico. Una parte dello strato dei bastoncelli e dei coni nei fisiologici rapporti con quattro cellule pigmentate che lo ricoprono. L'infiltrazione dei granuli di pigmento estendesi fino alla membrana limitante esterna.

Fig. 9. *Rana esculenta* (Oscurità) — Da un preparato indurito nell'acido osmico. Brano dello strato dei bastoncelli e dei coni dal quale si sono staccate le cellule epiteliali; l'infiltrazione dei granuli di pigmento è limitata al terzo superiore dei membri esterni dei bastoncelli.

Fig. 10. *Rana esculenta* (Luce) — Dopo l'indurimento nell'acido osmico. Brano dello strato dei bastoncelli e dei coni del quale si sono staccate le cellule epiteliali, l'infiltrazione del pigmento s'estende fino alla membrana limitante esterna.

Fig. 11. *Triton cristatus* — Dopo macerazione nell'acido cromico diluito. Mosaico composto da diciotto cupole protoplasmatiche staccate dalle basi pigmentate.

Fig. 12. *Triton cristatus* — Ricerca a fresco del contenuto di due cellule epiteliali. In *a* si contano oltre il nucleo ventiquattro gocciole oleose, fra le quali due d'un giallo carico, e ventotto granuli aleuronoidi; in *b* allato del nucleo trovansi ventisei gocciole fra le quali una color giallo d'oro, e trenta granuli aleuronoidi.

Fig. 13. *Strix noctua* — Ricerche a fresco del contenuto di due cellule dell'epitelio pigmentato. In *a* trovansi allato del nucleo quattro conglomerazioni di gocciole oleose e tredici gocciole isolate, tutte di un bel color giallo d'oro, oltre di che numerosissimi granuli aleuronoidi. In *b* trovansi due conglomerazioni di gocciole color d'oro, poi due gocciole isolate colorate in giallo carico, ed altre due pallidamente colorate, inoltre numerosi granuli aleuronoidi.

Fig. 14. *Triton cristatus* — Preparato trattato colla macerazione all'acido osmico diluito. Mosaico di undici cupole protoplasmatiche isolate. In esse allato del nucleo sono visibili i soli granuli aleuronoidi i quali occupano la parte superiore della cupola protoplasmatica, mentre non riscontrasi

alcuna delle gocciole oleose le quali verosimilmente sono rimaste aderenti alla base pigmentata dietro l'avvenuto distacco delle due parti della cellula.

FIG. 15. *Triton cristatus* — Dopo la macerazione nell'acido osmico diluito. Basi di pigmento isolate di dieci epitelî retinali. I forami che in esse si trovano rappresentano i luoghi già occupati dai membri esterni dei bastoncelli.

FIG. 16. *Triton cristatus* — Una sola cellula epiteliale pigmentata isolata colla macerazione all' acido osmico allungato.

FIG. 17. *Testudo graeca* — Indurimento coll'acido osmico. Una serie di quattro cellule dell'epitelio retinico insieme riunite. Nell' interno delle loro cupole protoplasmatiche non si vedono nè il nucleo, nè specifiche deposizioni.

FIG. 18. *Testudo graeca.* — Dopo macerazione nell'acido cromico allungato. Sette cupole protoplasmatiche riunite insieme. Allato al nucleo trovansi in ogni cellula alcune gocciole oleose incolori.

FIG. 19. *Testudo graeca.* — Macerazione nell'acido cromico diluito. Nove basi di pigmento isolate; i forami in esse esistenti corrispondono ai luoghi di già occupati dai coni.

FIG. 20. *Columba Livia* — Indurimento nell'acido osmico. Tre cellule epiteliali riunite insieme ad otto membri esterni dei bastoncelli i quali trovansi collocati fra i prolungamenti delle basi pigmentate.

FIG. 21. *Columba Livia* — Indurimento nell' acido osmico. Quattro cellule pigmentate della periferia della retina isolate insieme col pezzo dello strato dei coni da loro ricoperto. La preparazione mostra il da noi descritto spostamento scaglioniforme.

FIG. 22. *Lepus cuniculus* (Oscurità) — Indurimento nell'acido osmico. Brano dell'epitelio retinico d'un coniglio albino veduto dalla sua superficie inferiore retinale.

FIG. 23. *Lepus cuniculus* (Luce) — Indurimento nell'acido osmico. Brano dell'epitelio retinico veduto dalla sua superficie inferiore. I punti intensamente neri che trovansi allato del nucleo e delle gocciole oleose tinte in castagno scuro corrispondono a frammenti di bastoncelli rimasti aderenti alla superficie inferiore d'ogni singola cellula.

FIG. 24. *Lepus cuniculus* — Indurimento nell'acido osmico. Brano dell'epitelio retinico isolato.

FIG. 25. *Lepus cuniculus* — Macerazione nell' acido osmico. Cellule isolate due a due, *a*, *b*, dall'epitelio retinico d'un coniglio albino, *c*, da un coniglio pigmentato.

FIG. 26. *Bos taurus* — Brano dell'epitelio retinico veduto dalla sua superficie coroidale, isolato nello strato fresco nell'umor acqueo. Il preparato è stato tolto dalla zona non pigmentata ricoperta dal tappeto.

FIG. 27. *Bos taurus* — Altro brano dell'epitelio retinico veduto dalla sua superficie coroidale osservato nello strato fresco nell'umor aqueo; esso corrisponde alla zona di passaggio fra la parte scevra di pigmento e la parte pigmentata dell'epitelio retinico.

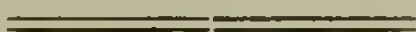




Fig 5. a b



Fig. 6. a b

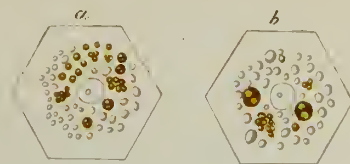


Fig. 13 a b

Fig. 3.



Fig. 9.



Fig. 2. a



Fig. 2. b



Fig. 10.



Fig. 1.



Fig. 2. d



Fig. 2. e



Fig. 2. c



Fig. 2. f

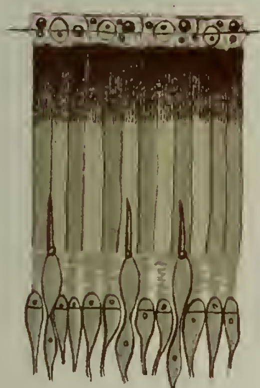


Fig. 7.



Fig. 4. b a



Fig. 8.



Fig. 11



Fig. 12. a



Fig. 12. b

F. Boll. dip — Roma. Cromo Lit. Bruno e Salomone — Ugo Colonna lit.

Fig. 14.

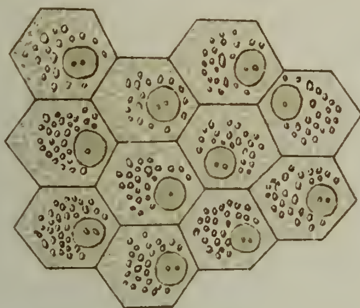


Fig. 17.

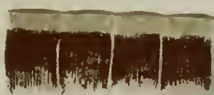


Fig. 15.



Fig. 16.



Fig. 20



Fig. 21.



Fig. 18.



Fig. 19.

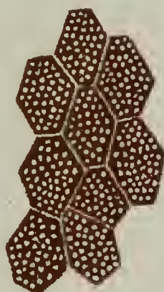


Fig. 23.

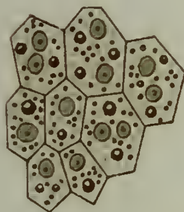


Fig. 24.

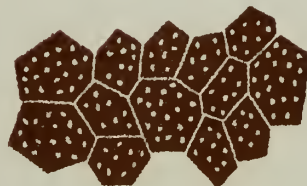


Fig. 22.

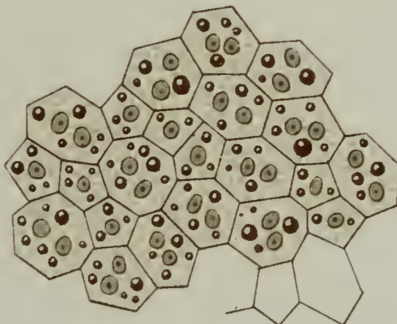


Fig. 27.

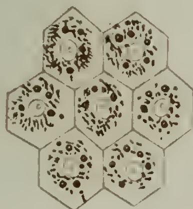


Fig. 26

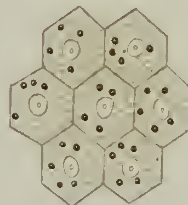
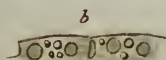


Fig. 25

b



a



c



F. Boll. dip. Roma. Cromo-Lit. Bruno e Salomone Ugo Colonna lit.